

Fluoridabgabe aus Fluoridlacken und Fluoridaufnahme durch den Schmelz

Von G. Schmalz, E. Reich und R. Pollinger, Regensburg*

Die Fluoridabgabe aus fünf verschiedenen Fluorid-Lacken (Duraphat, Thermelect, zwei Versuchslacke, ein Placebolack) in destilliertes Wasser und physiologische Kochsalzlösung wurde mittels fluorionensensitiver Elektrode bestimmt und die Fluoridaufnahme in den Schmelz nach Applikation dieser Lacke in drei sukzessive geätzten Schichten gemessen. Duraphat zeigte im Vergleich zu den übrigen Lacken nur eine schwache Fluorid-elution. Bei den zwei Versuchslacken und dem Präparat Thermelect war die Fluoridauflaugung wesentlich höher und abhängig von der Fluoridkonzentration des Lackes. Bei den Schmelzbiopsien zeigte Duraphat in der äußersten Schmelzschicht (bis ca. 30 µm) die höchste Fluoridanreicherung (3000 ppm). In den tieferen Schichten hingegen erreichten die beiden Versuchslacke gegenüber Duraphat und Thermelect höhere Fluoridanreicherungen. Mit allen untersuchten Lacken wurde eine Tiefenwirkung bis ca. 100 µm erreicht. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Diskrepanz zwischen Eluationsverhalten und Fluoridanreicherung im Schmelz. Aus dem Eluationsverhalten kann daher nicht auf eine entsprechende Anreicherung im Schmelz geschlossen werden.

Die Wirksamkeit eines Fluorpräparates ist u. a. abhängig von Dosierung (Mellberg und Ripa 1983), chemischer Verbindung des Fluorids (Gron 1977), Art und Frequenz der Applikation (Mellberg und Ripa 1983), Temperatur und pH-Wert (Tung et al. 1980). Auch die Galenik des Präparates spielt eine wesentliche Rolle, da durch bestimmte Beimengungen die Wirksam-

keit des Fluorids herabgesetzt (Mellberg 1977) und die Einwirkungsdauer durch unterschiedliche Viskosität und Wasserlöslichkeit verändert werden kann (Schmidt 1968). Die Galenik der Fluoridlacke soll einen möglichst langzeitigen Kontakt zur Zahnoberfläche gewährleisten, um eine hohe Einlagerung von Fluorionen in den Schmelz zu erreichen (Seppä et al. 1982). Präparate mit unterschiedlicher Galenik, Fluoridverbindung und Fluoridkonzentration sind im Handel. In der vorliegenden Untersuchung sollte bei fünf verschiedenen Fluoridpräparaten die Fluoridabgabe in wäßriges Milieu mit der Fluoridaufnahme in die äußersten Schmelzschichten nach dem Auftragen dieser Lacke verglichen werden.

Material und Methode

Folgende Lacke wurden untersucht:

1. Duraphat
(5% NaF in alkoholischer Lösung von Naturharzen)*
2. Thermelect
(1,5% NaF, 1,5% CaF₂ in isotonischer Kunstharzlösung mit 13,6% mikronisierten Polytrifluorchloräthylen-Partikeln)**
3. Versuchslack 1
(5% NaF, 5% CaF₂, Galenik wie Thermelect)**
4. Versuchslack 2
(6% NaF, 6% CaF₂, Galenik wie Thermelect)**
5. Versuchslack 3
(ohne Fluoridzusatz, Galenik wie Thermelect)**

Bei den Eluationsversuchen wurden die Lacke in Hohlformen aus Edelstahl mit 5 mm Durchmesser und 0,1 bzw. 0,2 mm Tiefe eingefüllt. Nach 5–10 Minuten Trocknung kamen diese

* Prof. Dr. G. Schmalz, Dr. E. Reich und Dr. R. Pollinger, Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Regensburg, Universitätsstr. 31, 8400 Regensburg

* Woelm Dental, Abt. d. Rorer GmbH, Bielefeld, Charge 2243

** VOCO-Chemie, Cuxhaven, Charge 4111

Prüfmaterial	Elution in Aqua bidest.		Elution in NaCl 0,9%	
	1,96 mm ³ *	3,92 mm ³	1,96 mm ³	3,92 mm ³
Duraphat	1,41** ± 0,41	2,48 ± 0,74	1,07 ± 0,19	2,07 ± 0,098
Thermelect	13,9 ± 3,37	21,5 ± 4,25	9,57 ± 2,23	20,5 ± 2,73
Versuchslack 1	27,9 ± 3,71	69,4 ± 7,10	30,7 ± 6,85	79,1 ± 10,97
Versuchslack 2	59,2 ± 4,27	123,2 ± 15,38	57,4 ± 5,31	118,0 ± 14,46
Versuchslack 3	0,029 ± 0,0029	0,054 ± 0,0228	0,018 ± 0,0088	0,035 ± 0,0113
Zahl der Proben	6	6	5	5

Tab. 1: Fluoridgehalt des Eluates von fünf verschiedenen Lacken in Aqua bidest. und physiologischer Kochsalzlösung

* Volumen des Prüflackes ** Mittelwerte in ppm F⁻ mit Standardabweichung

Probenkörper in Behälter mit 2 ml der jeweiligen Eluationsflüssigkeit (destilliertes Wasser und physiologische Kochsalzlösung) und wurden bei 37° C für 24 Stunden in einem temperierten Wasserbad aufbewahrt. Nach der Entnahme der Hohlformen wurden den Lösungen 2 ml TISAB II-Puffer zugegeben und der Fluoridgehalt dieser Lösung mit einer Fluoridkombinationselektrode (Orion Nr. 96-09-00, Colora Meßtechnik GmbH, Postfach 1240, 7073 Lorch) an einem Analysegerät (Orion Nr. 901 Ionalyser) bestimmt. Alle Messungen wurden zweifach durchgeführt, die Ergebnisse gemittelt. Die Meßeinrichtung wurde jeweils nach 2 Stunden mit einer Standardfluoridlösung kalibriert.

Zur Bestimmung der Fluoridaufnahme im menschlichen Schmelz wurde die Zahnkrone von frisch extrahierten dritten Molaren senkrecht zur Kaufläche in sechs Segmente geteilt. Die Schmelzoberflächen wurden mit Hilfe von Schaumstoffpellets dünn mit den Lacken beschichtet und nach 5–10 Minuten Trocknung ebenso wie die Kontrollen in einer wasserdampfgesättigten Atmosphäre bei 37° C für 24 Stunden aufbewahrt. Anschließend erfolgte die Reinigung der Schmelzoberfläche mit Skalpell und acetongetränkter Watte. Nach der Biopsiemethode von *Edenholm et al. (1977)* wurden Schmelzareale (3 mm Durchmesser) abgedeckt, der Schmelz dreimal nacheinander geätzt (*Mühlemann et al. 1964*) und der Fluoridgehalt in den verschiedenen Lagen nach

McCann (1968) mit einer ionensensitiven Elektrode bestimmt (s. o.). Die Dicke der verschiedenen Schmelzschichten wurde nach *Lowry et al. (1954)* berechnet.

Ergebnisse

Die Elution des Fluorids aus den Lacken ergab zwischen destilliertem Wasser und physiologischer Kochsalzlösung nur geringe Unterschiede (Tab. 1). Beachtenswert erscheint die geringe Fluoridabgabe von Duraphat im Vergleich mit den drei anderen fluoridhaltigen Lacken.

Die Fluoridanreicherung im Schmelz zeigt für alle Präparate eine Abhängigkeit von der Schmelztiefe (Abb. 1). Außerdem ist bei den

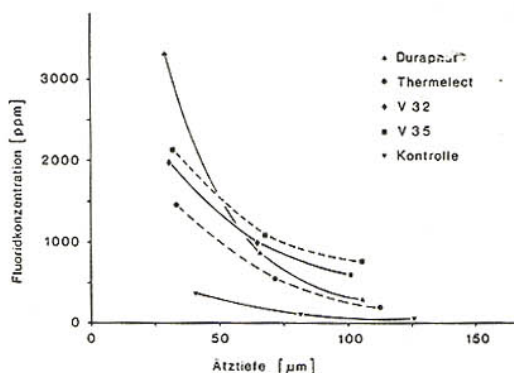


Abb. 1: Fluoridkonzentration in Abhängigkeit von der Schmelztiefe nach Applikation verschiedener Lacke

Fluoridlacken gleicher Galenik (Thermelect, Versuchslacke 1, 2 und 3) eine deutliche Abhängigkeit der Fluoridaufnahme im Schmelz von der Fluoridkonzentration des Präparates erkennbar, wie dies auch bei der Eluation der Fall war. Unterschiedlich hingegen ist der Kurvenverlauf von Duraphat, das zwar die gleiche Konzentration von NaF wie Versuchslack 2, jedoch eine unterschiedliche Galenik aufweist. Die statistische Auswertung der Ergebnisse der Fluoridanreicherung in der obersten Schmelzschicht ergibt hochsignifikante ($p \leq 0,001$) Unterschiede zwischen Duraphat einerseits, Thermelect und Versuchslack 1 und 2 andererseits. In der mittleren Schicht bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen Duraphat und Versuchslack 1 und 2. In der tiefsten Schicht bewirkte der Versuchslack 1 eine signifikant ($p \leq 0,01$) und Versuchslack 2 eine hochsignifikant ($p \leq 0,001$) stärkere Fluoridaufnahme als Duraphat. Eine höhere Fluoridkonzentration resultierte in weniger geätztem Schmelz, die Unterschiede zwischen den Lacken waren jedoch statistisch nicht signifikant ($p \leq 0,05$).

Diskussion

Hinsichtlich der Unterschiede im Eluationsverhalten von Duraphat einerseits sowie Thermelect und den Versuchslacken 1 und 2 andererseits muß berücksichtigt werden, daß letztere während der Eluation aus der Hohlform herausgequollen sind, was zu einer Vergrößerung der eluierbaren Oberfläche geführt hat. Allerdings muß für die ca. 20fach höhere Auslaugung von Fluorionen aus dem Versuchslack 2 im Vergleich zum Duraphat (beide enthalten 5% NaF) auch die unterschiedliche Matrix verantwortlich gemacht werden. Da Kalziumfluorid eine schwerlösliche Verbindung ist (Pilz et al. 1980), kann die Eluation bei dem Präparat Thermelect und den Versuchslacken 1 und 2 auf den NaF-Anteil zurückgeführt werden. Bei gleicher Galenik ist die Fluoridfreisetzung abhängig vom Fluoridgehalt des Präparates, was Angaben von Pilz et al. (1980) entspricht. Bei der Fluoridbestimmung der Schmelzbiopsien ist zu berücksichtigen, daß aufgrund des steilen Fluoridgradienten in oberflächlichen Schmelzbereichen die ermittelten Fluorid-

werte nur in Abhängigkeit von den ermittelten Ätztiefen Aussagekraft gewinnen und ein unmittelbarer Zahlenvergleich der Fluoridwerte bei unterschiedlichen Ätztiefen problematisch ist. Wenn man wie in Abb. 1 eine Fluoridkonzentration für eine bestimmte Schicht angibt, entspricht diese Konzentration nicht dem tatsächlichen Wert, welcher an dem zugehörigen Meßpunkt vorliegt. Vielmehr stellt dieser Zahlenwert das Mittel sämtlicher Werte bei theoretisch unendlich kleinem Schichtauflösungsvermögen von der Oberfläche bis zur angegebenen Tiefe dar. Da Abb. 1 jedoch die Unterschiede der Fluorideinlagerungen durch die verschiedenen Präparate übersichtlich veranschaulicht und diese Darstellungsweise literaturüblich ist (Mellberg und Ripa 1983, Petersson 1975), wurde auch in der vorliegenden Arbeit diese Wiedergabe gewählt.

Die von uns gefundenen Ätztiefen stehen im Einklang mit Ergebnissen aus der Literatur (Strübig et al. 1978). Gleiches gilt für die Reduktion der Säurelöslichkeit in Abhängigkeit von der Höhe der Fluoridaufnahme (Gron 1977, Isaac et al. 1958 u. a.). Die von uns gefundenen Fluoridwerte der Kontroll- bzw. Placebogruppen entsprechen Literaturangaben von unbehandeltem Schmelz aus fluoridarmen Gebieten in den entsprechenden Ätztiefen (Strübig et al. 1978). Die vorliegenden Ergebnisse für die Fluorideinlagerung im Schmelz nach Applikation des Präparates Duraphat stehen ebenfalls in Einklang mit der einschlägigen Literatur (Koch und Petersson 1972, Retief et al. 1980, Schönbauer 1973).

Die gute Schmelzfluoridierung von Duraphat erklären Bank und Kim (1973) mit der gleichmäßigen und ständigen Fluoridabgabe und dem dadurch bedingten kontinuierlichen Einbau von Fluorid in das Kristallgitter, was durch die gute Haftfähigkeit des Lackes an die Schmelzoberfläche über Stunden hin möglich ist. Die Anwesenheit von Speichel beeinträchtigt die Klebekraft des Lackes nicht. Bei dem Präparat Thermelect und den Versuchslacken 1 und 2 hingegen ist nach Angaben des Herstellers vor Applikation eine Trocknung mit Luftbläser erforderlich (Schmalz und Schmalz 1984). Bei unseren Versuchen war die Entfernung des Duraphat-Lackes von den Schmelz-

plättchen nach 24 Stunden aufgrund der zähplastischen Konsistenz des Materials schwierig. Die anderen Versuchslacke hingegen lösten sich leicht als zusammenhängende spröde Filmschicht. Möglicherweise läßt sich dadurch die unterschiedlich hohe Anreicherung von Fluoridionen in der oberflächlichsten Schmelzschicht erklären. Auf jeden Fall kann aufgrund des Eluationsverhaltens eines Fluoridlackes nicht auf eine entsprechende Anreicherung im Schmelz geschlossen werden.

Die Relevanz der Schmelzfluoridaufnahme für die kariesprophylaktische Wirksamkeit des entsprechenden Präparates ist umstritten. Nach Strübig et al. (1979) korreliert der Fluoridgehalt im Oberflächenschmelz nach Trinkwasserfluoridierung mit niedrigem Kariesbefall. Bei lokaler Fluoridierung hingegen besteht kein einfacher Zusammenhang zwischen Schmelzfluoridierung und Kariesbefall (Mellberg und Ripa 1983). Der Schmelzfluoridgehalt ist nur eine, wenn auch wichtige Einflußgröße auf die Kariesfrequenz (Knappwost 1979). Der Schmelzfluoridgehalt ist unmittelbar mit der Säurelöslichkeit (Ahrens 1979, Isaac et al. 1958 u. a.) korreliert. Der überwiegende Anteil der Fluoridwirkung ist jedoch der Fluoridkonzentration im Speichel zuzuschreiben (Knappwost 1979). Die wichtigsten Mechanismen des Speichelfluorides sind nach heutiger Ansicht die verbesserte Remineralisation kariöser Frühläsionen sowie der Einfluß auf Stoffwechsel und Haftvermögen der Plaque (Ahrens 1979, Knappwost 1979 u. a.) Da aber eine enge lokale Beziehung zwischen Plaque und Schmelz besteht, sind auch Wirkungen des Schmelzfluorids auf die Plaque wahrscheinlich (Mellberg und Ripa 1983). Bei den nur seltenen Anwendungen, wie für Lacke üblich, erhält die erhöhte Säureresistenz des Schmelzes im Vergleich zu anderen frequentierten Applikationsformen eine größere Bedeutung (Mellberg und Ripa 1983). Die kariesprotektive Wirksamkeit der untersuchten Lacke kann jedoch nur durch klinische Versuche verifiziert werden, wie u. a. von Riethe et al. (1977) durchgeführt. Die vorliegenden Ergebnisse liefern dazu einen ersten Anhaltspunkt.

Summary

Fluoride release from five different fluoride varnishes (Duraphat®, Thermelect®, 2 test varnishes, 1 placebo

varnish) in distilled water and physiologic saline solution was determined using a fluoride ion-sensitive electrode, and after application of these varnishes in three successively etched layers, fluoride uptake in the enamel measured. Fluorine elution for Duraphat was weaker than for the other varnishes. Fluoride extraction was considerably higher for the two test varnishes and Thermelect than for the other varnishes and was dependent on the fluoride concentration of the varnish. On enamel biopsies, the highest fluoride concentration (3000 ppm) in the outermost adamantine layer (up to 30 µm) was attained with Duraphat. Fluoride concentration in the deeper layers, on the other hand, was higher for both test varnishes than for Duraphat and Thermelect. The depth of action for all examined varnishes was up to 100 µm. The findings indicated a marked discrepancy between elution behavior and fluoride concentration in the enamel. A corresponding concentration in the enamel, therefore, cannot be concluded on the basis of elution behaviour.

Schrifttum

- Ahrens, G.: Die Wirkungsmechanismen des Fluorids. In: Kariesprophylaxe mit Fluorid. Eine wissenschaftliche Standortbestimmung. Hrsg.: Informationskreis Mundhygiene und Ernährungsverhalten (IME), Frankfurt/Main, S. 35 ff. (1979).
- Bang, S.; Kim, Y. J.: Electron microprobe analysis of human tooth enamel coated in vivo with fluoride-varnish. *Helv. Odont. Acta* 17, 84 (1973).
- Edenholm, H.; Johnson, G.; Koch, G.; Petersson, L. G.: Fluoride uptake and release in deciduous enamel after application of fluoride varnishes. *Swed. Dent. J.* 1, 59 (1977).
- Gron, P.: Chemistry of topical fluorides. *Caries Res.* 11, (Suppl. 1), 172 (1977).
- Isaac, S.; Brudevold, F.; Smith, F. A.; Gardner, D. E.: Solubility rate and natural fluoride content of surface and subsurface enamel. *J. Dent. Res.* 37, 254 (1958).
- Knappwost, A.: Spekulationen und gesicherte Tatsachen über physiologische Fluoridwirkung. In: Kariesprophylaxe mit Fluorid. Eine wissenschaftliche Standortbestimmung. Hrsg.: Informationskreis Mundhygiene und Ernährungsverhalten (IME), Frankfurt/Main, S. 23 ff. (1979).
- Koch, G.; Petersson, L. G.: Fluoride content of enamel surface treated with a varnish containing sodium fluoride. *Odont. Revy* 23, 437 (1972).
- Lowry, D. H.; Roberts, N. R.; Leiner, K. K.; Wu, M. L.; Farr, L.: The quantitative histochemistry of brain. *J. Biol. Chem.* 207, 1 (1954).
- McCann, H. G.: Determination of fluoride in mineralized tissues using the fluoride ion electrode. *Arch. Oral Biol.* 13, 475 (1968).
- Mellberg, J. R.; Ripa, L. W.: Fluoride in preventive dentistry. Theory and clinical applications. 1. Aufl., Quintessenz, Chicago 1983, S. 44 ff.
- Mellberg, J. R.: Enamel fluoride and its anti-caries effects. *J. Prev. Dent.* 4, 8 (1977).
- Mühlemann, H. R.; Schait, A.; König, K. G.: A chemical method for the removal of enamel surface layers and its suitability for fluoride analysis. *Helv. Odont. Acta* 8, 147 (1964).

13. Petersson, L. G.: On topical application of fluorides and its inhibiting effect on caries. *Odont. Revy* 26, Suppl. 34 (1975).
14. Pilz, W.; Plathner, C. H.; Taatz, H.: Grundlagen der Kariologie und Endodontie. 3. Aufl., Carl Hanser, München 1980. S. 306 ff.
15. Retief, D. H.; Sorvas, P. G.; Bradley, E. L.; Taylor, R. E.; Walker, A. R.: In vitro fluoride uptake, distribution and retention by human enamel after 1- and 24-hour application of various topical fluoride agents. *J. Dent. Res.* 59, 573 (1980).
16. Riethe, P.; Streib, W.; Schubring, G.: Klinische Untersuchungen mit Nuva Seal, Epoxylite 9070 und Fluor-Protector. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 32, 853 (1977).
17. Schmalz, G.; Schmalz, C.: Die symptomatische Therapie hyperalgetischer Zahnhälse mittels eines fluoridhaltigen Zahnlackes. *Quintess. Zahnärztl. Lit.* 35, 459 (1984).
18. Schmidt, H. F. M.: Neue Erkenntnisse in der örtlichen Anwendung eines langhaltenden Fluorpräparates zur Prophylaxe der Zahnkaries. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 23, 148 (1968).
19. Schönbauer, C. D.: Quantitative Bestimmungen des Fluor-Ionen-Gehalts im Zahnschmelz nach Touchierung mit zwei verschiedenen Fluorlack-Präparaten im klinischen Versuch. *Med. Diss., Marburg* 1973.
20. Seppä, L.; Luoma, H.; Hausen, H.: Fluoride content in enamel after repeated applications of fluoride varnishes in a community with fluoridated water. *Caries Res.* 16, 7 (1982).
21. Strübig, W.; Gülzow, H. J.; Ahrens, G.: Untersuchungen zur Stabilität der Fluoridkonzentration an der Schmelzoberfläche. *Dtsch., Zahnärztl. Z.* 33, 172 (1978).
22. Strübig, W.; Gülzow, H. J.; Ahrens, G.: Die Abhängigkeit des Fluoridgehalts im Zahnschmelz von regelmäßiger oder unkontrollierter Fluoridaufnahme. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 34, 172 (1979).
23. Tung, M. S.; Chow, L. C.; Brown, W. E.: Effects of pH on mechanism of F-uptake. *J. Dent. Res.* 59, 973 (1980).

Das Süßstoffangebot auf dem Markt 1986

Hersteller, Produktgruppen, Markennamen

Hersteller: Dr. Siemer Sportfit Getränke Vertriebsges. mbH & Co. KG, Schwalmtal

Markenname	Bezeichnung	Inhalt	Süßstoff-Basis
ASSUGRIN-Exquisit	kalorien- und kohlenhydratverminderte Fruchtnektare und Fruchtsaftgetränke Multi-Vitamin Orange Aprikose Grapefruit Orange/Maracuja Sauerkirsch Schwarze Johannisbeere Apfel	100 ml	Cyclamat/Saccharin

HUXOL

Hersteller: Kommanditgesellschaft Huxol Bio Pharm GmbH & Co., Jesteburg

Markenname	Bezeichnung	Inhalt	Süßstoff-Basis
süssli	Süßstoff-Mischung	650 St.	Mischung Cyclamat/Saccharin
süssli	Süßstoff-Mischung	1.200 St.	Mischung Cyclamat/Saccharin
süssli-flüssig	Süßstoff-Mischung	300 ml	Mischung Cyclamat/Saccharin
HUXOLIN	Süßstoff-Mischung	650 St.	Mischung Cyclamat/Saccharin
HUXOLIN	Süßstoff-Mischung	1.200 St.	Mischung Cyclamat/Saccharin
HUXOLIN flüssig	Süßstoff-Mischung	300 ml	Mischung Cyclamat/Saccharin
Huxol Süß-Diät	Süßstoff-Mischung	650 St.	Mischung Cyclamat/Saccharin

(wird fortgesetzt)